

CAUSAS Y TRATAMIENTOS DE LA INFERTILIDAD EN LA VACA LECHERA

JOEL HERNÁNDEZ CERÓN
DEPARTAMENTO DE REPRODUCCIÓN. FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA.
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO. 04510. MÉXICO, DF.
jhc@servidor.unam.mx

INTRODUCCIÓN

La falla en la concepción o infertilidad es el problema reproductivo más importante en los hatos lecheros. En Estados Unidos se ha observado una clara reducción del porcentaje de concepción en los últimos 40 años; así en 1951, se lograba gestar 65% de las vacas servidas mientras que en 2000 se obtiene menos de 40% (Lucy, 2001). En México ha ocurrido algo similar, hace 30 años más de 50% de las vacas servidas quedaban gestantes y actualmente es menor de 40%. Ésta tendencia también se ha observado en Europa o Australia, países en los cuales el sistema de manejo no es tan intensivo como en América del Norte. La disminución de la fertilidad ha coincidido con un incremento considerable en la producción de leche, lo cual podría indicar que la alta producción de leche tiene un efecto negativo en la fertilidad; sin embargo, esto no es muy preciso, ya que es frecuente encontrar hatos con niveles altos de producción y con parámetros reproductivos mejores que hatos con menor producción de leche. En estudios, en los cuales se ha evaluado el efecto de diversos factores en la fertilidad, se encontró que la participación relativa de la producción de leche es menor que otros factores (Ej. los problemas del puerperio). En México, en un análisis que incluyó la información 72 hatos (26676 vacas) con un rango de producción de leche de 7503-12225 Kg (365 días), se observó que la producción de leche no afectó el intervalo entre partos, servicios por concepción ni días abiertos; sin embargo, si puede ser un factor que influye en la fertilidad cuando se asocia con un manejo deficiente de la alimentación.

Otro factor que se ha asociado con la baja fertilidad es el aumento del número de vacas en los hatos (industrialización de la producción de leche). El tamaño del hato conlleva otros tipos de problemas asociados con el manejo (detección de estros), y además el confinamiento en grandes grupos puede afectar la fertilidad, ya que ésta se asocia con la incidencia de diferentes condiciones que afectan la reproducción (retención de placenta, infecciones uterinas, abortos).

CAUSAS DE INFERTILIDAD

Se ha observado que cerca de 90% de los ovocitos son fertilizados después de la monta o inseminación; sin embargo, una alta proporción de estas gestaciones se pierden (Ayalon, 1978). La muerte de los embriones antes del reconocimiento materno de la gestación (días 16 a 19) se considera como muerte embrionaria temprana; la que ocurre entre el reconocimiento materno de la gestación y el momento en que se ha completado la organogénesis (alrededor del día 42), se denomina muerte embrionaria tardía, y la pérdida de la gestación posterior al día 42 se llama muerte fetal.

La muerte embrionaria temprana contribuye con la mayor proporción de pérdidas de gestaciones (40-60%), la muerte embrionaria tardía lo hace con 10-15% y la muerte fetal con 5 a 15%. Las causas de las pérdidas de gestaciones son de naturaleza diversa y están asociadas con la alta producción de leche, el intervalo del parto a la primera ovulación, la profundidad del balance energético negativo, problemas del puerperio, momento de la

inseminación, técnica de inseminación, características de la dieta, estrés calórico, infecciones uterinas y por factores genéticos.

Balance energético

Después del parto el consumo de materia seca (MS) se necesita incrementar para cubrir la demanda de nutrimentos para la producción de leche. Sin embargo, la vaca es incapaz de consumir la MS necesaria para cubrir sus necesidades, por lo cual recurren a sus reservas de grasa y proteína. Las vacas lecheras después del parto caen en un balance energético negativo (BEN), lo cual significa que la suma de la energía necesaria para su propio mantenimiento y la que requieren para la producción de leche es mayor que la energía consumida, por lo que se ven obligadas a utilizar sus reservas corporales. Estas vacas llegan a su punto más bajo de BEN (nadir) entre los días 10 y 20 posparto, y siguen en BEN aproximadamente hasta el día 70 a 80 y en algunos casos (vacas de primer parto) hasta el día 100 posparto (Villa-Godoy et al., 1988).

Todas las vacas caen en BEN durante el periodo posparto y tienen la capacidad de adaptarse a esos cambios. Sin embargo, algunos animales llegan a fallar en este proceso, lo cual puede ser secundario a un bajo consumo de nutrimentos provocado por problemas de salud, periodos secos prolongados que provoquen obesidad o por complicaciones durante el parto.

El BEN afecta algunos procesos reproductivos, de esta forma se ha asociado con un retraso en la primera ovulación posparto y con una disminución de las concentraciones séricas de progesterona en el segundo y tercer ciclo posparto, lo que potencialmente puede afectar la supervivencia embrionaria. Por otra parte, el BEN también afecta el desarrollo folicular y el potencial de los ovocitos para desarrollar embriones viables (Villa-Godoy et al., 1988; Butler, 2000).

La primera ovulación posparto es uno de los parámetros que se ha correlacionado con la fertilidad. Se conoce que el periodo del parto a la primera ovulación ha aumentado en las vacas modernas. En 1964 era de 29 ± 3 días y actualmente es de 43 ± 5 días. En México, el intervalo entre parto a primera ovulación en ganado lechero en sistemas de producción en pequeña escala (hatos de 5 a 20 vacas) con producciones diarias de leche de 21.3 ± 0.39 Kg., es de 32.3 ± 2.3 días (Salas, 1988). En contraste, en un hato de 1150 vacas con una producción de leche de 9683 Kg (365días) el intervalo del parto a la primera ovulación es de 45.8 ± 2.7 . Cabe señalar que en este último estudio, 21.2% de las vacas aun no habían ovulado cuando se dejó de muestrear en el día 70 posparto (Lara et al., 2002).

El número de ciclos previos a la primera inseminación están correlacionados positivamente con la fertilidad (Thatcher y Wilcox, 1973), lo cual contribuye, en parte, con la baja fertilidad del primer servicio. Por otra parte, se han observado cambios en las características de las fases lúteas de la primera ovulación en vacas altas productoras. En estudios realizados por Opsomer et al. (1998) y Lamming y Darwash (1998) es evidente que la incidencia de fases lúteas anormales es mayor en las vacas modernas que en vacas de hace 20 años. En el estudio realizado en México por Lara et al., (2002) se observó que 23% de las vacas presentaron fases lúteas largas durante el posparto, lo cual coincide con los informes citados.

El intervalo del parto a la primera ovulación es afectado principalmente por los cambios metabólicos que ocurren después del parto. Así, se ha observado que la pérdida de condición corporal de más de 1 punto (escala 1 a 5) durante las primeras cuatro semanas posparto alarga el periodo del parto a la primera ovulación.

Alteraciones hormonales

La función lútea se ha asociado con la baja fertilidad, algunos estudios muestran que las vacas subfértiles tienen afectada la función del cuerpo lúteo. Se ha observado en las vacas altas productoras, menores concentraciones séricas de progesterona, lo cual se asocia con la baja fertilidad (Mann y Lamming, 1999). Estudios recientes (Sangsrivavog et al., 2002) demuestran que las vacas en lactación tienen un flujo sanguíneo hepático mayor que las vacas no lactantes, lo cual se asocia directamente con mayor capacidad hepática para metabolizar las hormonas esteroides. Así, altas tasas de flujo hepático determinadas por alto consumo de nutrimentos (20 a 25 Kg de materia seca al día), puede causar bajos niveles de progesterona, lo cual afecta el establecimiento y mantenimiento de la gestación. Si bien existe evidencia de un metabolismo de la progesterona más rápido en vacas en lactación, la relación de los niveles séricos de esta hormona con la fertilidad no es muy clara. En diversos estudios no se ha encontrado evidencia que la baja fertilidad este asociada con bajas concentraciones circulantes de progesterona. (Morales et al., 2000). Además, los resultados de tratamientos en los cuales se ha administrado progesterona o se ha tratado de estimular la función lútea con GnRh o hCG, son contradictorios (Hernández y Morales, 2001).

Por otra parte, también se ha observado que las vacas altas productoras tienen menores concentraciones séricas de estradiol, lo que se ha asociado con una disminución en la intensidad de la conducta estral (López et al., 2004).

Genética

Datos de Estados Unidos muestran que en este país se ha incrementado la consanguinidad en forma dramática desde 1980, lo cual también se ha asociado con una disminución de la fertilidad (Hansen, 2000). Si bien en México no se cuenta con información acerca de la consanguinidad del ganado lechero, se debe recordar que la genética del ganado lechero mexicano tiene su origen principalmente en Estados Unidos.

En el pasado, las características reproductivas habían sido consideradas como no heredables debido a que se asumía, en forma absoluta, que estas obedecían más a factores ambientales y menos a la expresión de los genes. En evaluaciones recientes se ha confirmado su baja heredabilidad, sin embargo, es evidente una amplia variación genética, lo que permite proponer que es posible su mejoramiento relativo a través de selección (Royal et al., 2000).

Se conoce que algunos parámetros reproductivos no tradicionales como el intervalo del parto a la formación del primer cuerpo lúteo (periodo del parto a primera ovulación) tienen una heredabilidad de $h^2=0.13$ a 0.28 , considerada como moderada (Darwash et al., 1997a y 1979b). La condición corporal tiene una heredabilidad también moderada ($h^2=0.2-0.3$) (Jones et al., 1999) y esta variable esta asociada con el balance energético posparto y con el periodo de parto a primera ovulación. Se debe recordar que cuando las vacas caen en severos balances energéticos negativos pierden más condición corporal y tardan más en ovular (Butler, 2000), además, el inicio de la actividad ovárica posparto esta correlacionado positivamente con un incremento de la fertilidad y que por cada día de retraso a la primera ovulación se ha observado un aumento de 0.24 y 0.41 días abiertos (Darwash et al., 1997b). Bajo estas circunstancias, ya se están incluyendo parámetros reproductivos en los criterios de selección, ya que es probable que se hayan seleccionado vacas para producciones altas descuidando su fertilidad.

Nutrición

Independientemente del efecto de los cambios metabólicos provocados por el BEN, las dietas ofrecidas a las vacas altas productoras también pueden afectar su fertilidad. Este

efecto se puede ver cuando se administran dietas con alto contenido de proteína con relación al consumo de energía.

Las dietas con contenidos de proteína cruda de 17 a 19% llegan a ocasionar una disminución de la fertilidad; se ha demostrado que las vacas alimentadas de esta forma tienen altas concentraciones de urea y amoníaco en sangre y en los fluidos uterinos, lo cual afecta la viabilidad de los espermatozoides, óvulo y embrión (Butler, 1998).

En condiciones de campo es frecuente la medición de las concentraciones de urea en sangre o en leche, lo que permite evaluar las dietas. Las concentraciones sanguíneas de urea mayores de 20 mg/dl se asocian con baja fertilidad. En condiciones *in vitro* se ha observado que concentraciones equivalentes a las que tendrían las vacas consumiendo dietas altas en proteína, afectan el desarrollo embrionario, lo cual se refleja en una reducción de la proporción de embriones que llegan al estado de blastocisto (Ocon et al., 2003).

Proveer todos los nutrimentos a las vacas altas productoras obliga a ofrecer dietas altas en energía basadas en altas proporciones de granos. Es frecuente que se presenten alteraciones subclínicas en el pH ruminal, lo cual se ha asociado con la baja fertilidad. Un factor de riesgo en la pérdida de gestaciones tempranas es la acidosis ruminal. Una hipótesis propuesta del mecanismo de este fenómeno consiste en que la dieta alta de granos ocasiona acidosis y una elevación de endotoxinas libres, las cuales provocan liberación de prostaglandina F_{2α} y regresión del cuerpo lúteo (Ortiz, 1997).

La semilla de algodón se utiliza extensivamente en las dietas de las vacas bajo sistemas intensivos de producción. Esta semilla, además de ser una excelente fuente de energía, proteína y fibra, contiene altas concentraciones de gossipol. Esta sustancia es altamente tóxica en especies monogástricas, sin embargo, el rumiante es relativamente resistente debido a que este pigmento es inactivado en el rumen. No obstante, en machos, las dietas con contenidos altos de gossipol ocasionan infertilidad. Las dietas comunes ofrecidas a las vacas lecheras (10% de la MS) provocan concentraciones de gossipol en plasma que caen dentro del margen de seguridad (<5 µg/ml de gossipol). Sin embargo, el uso de mayores cantidades de semilla de algodón y/o la utilización de variedades con mayor contenido de este pigmento (Pima) generan concentraciones plasmáticas de gossipol mayores (>5 µg/ml), las cuales si pueden afectar la fertilidad. Observaciones recientes de Santos et al. (2003), en vacas lecheras con dietas que contenían semilla de algodón con mayor contenido de gossipol, mostraron una disminución significativa de la fertilidad. Además, estudios *in vitro* demuestran un efecto negativo del gossipol en el desarrollo embrionario (Hernández Cerón et al., 2005).

Estrés calórico

El estrés provocado por las altas temperaturas (estrés calórico) afecta la eficiencia reproductiva del ganado bovino en general. Sin embargo, algunas razas son más susceptibles que otras, lo cual depende básicamente de los mecanismos que tiene cada raza para regular su temperatura corporal en condiciones de estrés calórico. Algunas razas de bovinos (*Bos indicus*) evolucionaron en climas cálidos, lo que les confirió tolerancia a las altas temperaturas, mientras que las que lo hicieron en climas fríos y templados (*Bos taurus*) son más sensibles al efecto negativo del estrés calórico. El ganado lechero es una raza altamente susceptible a las altas temperaturas, prueba de ello está en la reducción en fertilidad cuando este ganado se encuentra en climas cálidos o durante la época del año con mayor temperatura. Así, el porcentaje de concepción llega a caer de 40%, obtenido en los meses templados o fríos del año, hasta 15% durante el verano (Aréchiga, 2000).

Los efectos del estrés calórico en la reproducción del ganado lechero se han incrementado en los últimos años, lo que ha coincidido con el incremento en la producción de leche (Wolfenson et al., 2000). Se ha observado que el aumento en la producción de leche se refleja en un incremento de la generación de calor metabólico. Esta generación de calor se ha asociado con el incremento del peso vivo de las vacas lecheras. De esta forma, vacas más grandes tienen un mayor aparato digestivo, lo que les permite consumir y digerir más alimento. Durante el metabolismo de los nutrimentos se genera calor, el cual contribuye con el mantenimiento de la temperatura corporal, condición favorable en climas fríos. Sin embargo, en climas cálidos el calor se debe eliminar para mantener la temperatura corporal dentro de los rangos normales. La capacidad de termorregulación de la vaca lechera es insuficiente, lo cual ocasiona un incremento de la temperatura corporal. En vacas en estrés calórico es común que la temperatura alcance valores entre 39.5 a 41 °C, lo cual afecta, en primer lugar, la función celular (Hansen et al., 2001).

El aumento de la temperatura corporal tiene efectos negativos en la reproducción. En México hay regiones en donde es evidente el efecto negativo del estrés calórico en la fertilidad; así, en las cuencas lecheras de Aguascalientes, Torreón, Chihuahua y Mexicali, se observa una reducción del porcentaje de concepción en los meses cálidos (mayo a septiembre). En otras regiones del centro del país como Querétaro, San Luis Potosí o Guanajuato, todavía no se observa una clara reducción de la fertilidad debida a al estrés calórico, sin embargo, dado que las vacas llevan una tendencia ascendente en la producción de leche y, en consecuencia, en la generación de calor, es posible que en los próximos años comience a ser más evidente este fenómeno. Una reducción de la fertilidad se ha observado en regiones de EE. UU. y Canadá, en donde hasta hace pocos años no era evidente el efecto del estrés calórico y actualmente ya se nota durante el verano (Kadzere et al., 2002).

En condiciones *in vivo*, el estrés calórico durante los días 1 al 7 después del estro afecta el desarrollo embrionario en vacas superovuladas. En condiciones *in vitro*, la exposición de los embriones a temperaturas equivalentes a la temperatura rectal de las vacas bajo estrés calórico (41 °C), disminuye la proporción de embriones que llegan a la etapa de blastocisto (Hansen et al., 2001). La susceptibilidad de los embriones al estrés calórico disminuye conforme los embriones avanzan en su desarrollo (Edwards y Hansen, 1997). Así, los embriones de dos células son más susceptibles que los embriones en la etapa de mórula. Independientemente de la etapa del desarrollo en que los embriones son susceptibles al estrés térmico, el resultado final es un aumento de la muerte embrionaria. Por otro lado, el estrés calórico puede afectar el mecanismo de reconocimiento materno de la gestación. Las altas temperaturas comprometen la habilidad de los embriones para producir cantidades suficientes de interferón- τ (IFN- τ) u otros productos celulares, necesarios para el reconocimiento materno de la gestación (Putney et al., 1988).

Estrés oxidativo

Las vacas lecheras altas productoras tienen un metabolismo intenso; bajo estas condiciones, aproximadamente 1-2% del oxígeno metabolizado se convierte en especies reactivas de oxígeno. Las especies reactivas de oxígeno, como los radicales libres superóxido, radicales peróxido e hidroxilo y los oxidantes no radicales, tienen efectos dañinos al causar lipoperoxidación y en consecuencia daño al DNA y destrucción de las proteínas (Nockels, 1996). Las especies reactivas de oxígeno son removidas por sistemas bioquímicos presentes en las células y en los fluidos extracelulares, estos mecanismos se conocen como sistemas antioxidantes. Estos sistemas incluyen moléculas como el β -caroteno y la vitamina E, las cuales actúan a nivel de la membrana celular hidrolizando peróxidos para mantener la integridad de los fosfolípidos. En este mecanismo también participan enzimas como la glutatión peroxidasa, la cual es dependiente del selenio (Arechiga et al., 1998).

Un incremento en la generación de radicales libres puede superar a los mecanismos antioxidantes y comprometer la función celular; este problema es más drástico cuando existe una deficiencia en el consumo de sustancias antioxidantes. La producción excesiva de radicales libres puede afectar la fertilidad debido a que los tejidos esteroidogénicos del ovario, los espermatozoides y los embriones en etapas tempranas de desarrollo, son muy sensibles al daño causado por ellos. La suplementación con antioxidantes es una forma de enfrentar el problema de la baja fertilidad y en varios estudios, en los cuales se han administrado β -caroteno o vitamina E y selenio, se ha mejorado la fertilidad (Aréchiga et al., 1998).

Manejo de la inseminación artificial

La baja eficiencia de la detección de estros limita la fertilidad global del hato. Este problema lo padecen todos los hatos de ganado lechero en todo el mundo. En México se detecta, en el mejor de los casos, el 60% de las vacas en estro y casos extremos en los cuales escasamente observan el 30% (Hernández et al., 1994).

Desde hace más de 50 años se ha aplicado el esquema de inseminación AM-PM y PM-AM, lo que significa que las vacas que presentan el estro en la mañana son inseminadas en la tarde y las de la tarde se inseminan en la mañana siguiente (Trimberger, 1948). Este esquema proporciona buenos resultados en fertilidad, siempre y cuando se cuente con una eficiente y precisa detección de estros. En condiciones deficientes en la observación de estros, no se sabe si la vaca observada en estro se encuentra en las primeras o en las últimas horas del periodo de aceptación. Si se programa la inseminación 12 h después, es probable que se realice demasiado tarde, cuando ya haya ocurrido la ovulación (Zarco y Hernández, 1996). Esta situación aumenta la probabilidad de encontrar óvulos viejos, ya que la viabilidad de estos es de 10 h. Así, el óvulo se fertiliza pero da origen a un embrión que muere en los siguientes días (Hunter, 1985). Este error es el más frecuente en los hatos y contribuye con la baja fertilidad.

Mejorar la fertilidad del hato, a través de un incremento del porcentaje de concepción, es una tarea muy difícil. Una posibilidad de mejorar la fertilidad es mediante el aumento de la tasa de preñez. Es decir, con el mismo porcentaje de concepción se puede aumentar el número de vacas gestantes por ciclo, sólo aumentando el número de vacas inseminadas. El único recurso para aumentar el número de vacas inseminadas es el incremento de la eficiencia en la detección de estros.

Algunos de los factores que afectan la eficiencia en la detección de estros son el poco tiempo dedicado a esta actividad, la pobre capacitación del personal, la falta de motivación y las instalaciones con pisos de cemento mal diseñadas.

TRATAMIENTOS HORMONALES PARA MEJORAR LA FERTILIDAD

Progesterona

Existe evidencia de que las vacas infértiles tienen una función lútea anormal, lo cual se refleja en concentraciones subnormales de progesterona. El tratamiento lógico consiste en la administración de progesterona; sin embargo, los estudios en los cuales se ha suplementado directamente con progesterona o en aquellos en los que se ha promovido el mejoramiento de la función lútea con GnRH o hCG, tienen resultados variables (Hernández y Morales, 2001).

GnRH o hCG al momento de la inseminación

Son muy populares los tratamientos con GnRH o hCG al momento de la inseminación. Esta forma de enfrentar la falla en la concepción se fundamenta en el concepto de que estas hormonas sincronizan la ovulación con el momento de la inseminación, previenen problemas de ovulación retardada y mejoran el desarrollo del cuerpo lúteo. Son muchos los estudios, y también la variabilidad de los resultados; el análisis de los resultados de 40 estudios publicados en 27 artículos, indica que el tratamiento aumentó la probabilidad de gestación en los animales tratados, en particular en los animales repetidores, Sin embargo, en experiencias de nuestro grupo de investigación, no se ha observado un mejoramiento en la fertilidad (Hernández y Morales, 2001).

GnRH o hCG en el día 5 o 6

Se han realizado evaluaciones de tratamientos que consisten en provocar la ovulación del folículo dominante de la primera onda folicular y, con ello, el desarrollo de un cuerpo lúteo accesorio. El tratamiento con GnRH o hCG en los días 5 y 7, ha demostrado efectividad para desarrollar un cuerpo lúteo e incrementar los niveles de progesterona; sin embargo, los resultados de fertilidad no han sido consistentes. En algunos de los estudios en los que se ha administrado hCG el día 5 posinseminación, se ha incrementado significativamente el porcentaje de concepción en vacas repetidoras y en aquellas con baja condición corporal; sin embargo en otros estudios el efecto ha sido nulo (Hernández y Morales, 2001).

GnRH o hCG en los días 12 a 14 posinseminación

Para que ocurra la gestación, se debe establecer un diálogo estrecho entre el embrión en desarrollo y el ambiente materno. De esta forma, el embrión debe promover los mecanismos que evitan la regresión del cuerpo lúteo los días 16 a 18 posinseminación, lo cual consigue mediante la secreción de interferón tau, el cual bloquea la síntesis de la PGF2 α . Se ha propuesto que uno de los factores que contribuye con la falla en la concepción es la incapacidad del embrión para evitar la regresión del cuerpo lúteo. De esta forma, la inhibición de la cascada de la secreción de la PGF2 α , podría mejorar los porcentajes de concepción, ya que al embrión se le daría más tiempo para alcanzar el estado óptimo de desarrollo, que le permita establecer eficientemente el mecanismo de reconocimiento materno de la gestación. Éste es el principio de los tratamientos con GnRH o hCG durante los días 12-14 posinseminación, los cuales buscan disminuir los niveles de estradiol circulante mediante la ovulación, luteinización o atresia de los folículos. En la práctica, se han evaluado tratamientos con GnRH o hCG los días 12-14; sin embargo, los resultados en fertilidad también son muy variables (Hernández y Morales, 2001).

Hormona del crecimiento bovina (bST)

En el ganado lechero es común el uso de la bST para incrementar la producción de leche. La utilización de esta hormona en forma periódica, aumenta la producción láctea de 10 a 20%. Algunos de los efectos de la bST en la producción de leche obedecen a la acción de esta hormona; sin embargo, el mayor efecto es provocado por el factor de crecimiento parecido a la insulina tipo I (IGF-I), el cual se incrementa en respuesta al tratamiento con bST (Bauman, 1992).

La bST y el IGF-I también desempeñan funciones importantes en el control de la reproducción. Las dos hormonas, participan en la regulación del desarrollo folicular, en la función del cuerpo lúteo y, especialmente, en el desarrollo embrionario temprano. Estudios *in vitro* e *in vivo*, muestran efectos favorables del IGF-I en el desarrollo embrionario. El IGF-I evita el efecto negativo de algunas sustancias tóxicas para los embriones, presentes en el medio uterino. Nuestro grupo de investigación propuso, por primera vez, el uso de la bST

para mejorar la fertilidad en vacas repetidoras. Los primeros resultados de estos estudios demostraron que un tratamiento con 500 mg de bST el día de la inseminación y una segunda dosis 10 días después, incrementa el porcentaje de concepción en las vacas repetidoras. En un estudio posterior, en el cual se administró una sola inyección de bST al momento de la inseminación, también se observó un aumento de la fertilidad. En un trabajo paralelo, la misma inyección de bST el día de la inseminación, redujo la proporción de embriones con anomalías del desarrollo. Estos experimentos permiten proponer que la administración de bST el día del servicio aumenta el porcentaje de concepción mediante el mejoramiento del desarrollo embrionario temprano. Cabe señalar, que los experimentos referidos se hicieron con vacas que no estaban en programas de bST y sólo recibieron la inyección de la hormona en los días indicados. Estos resultados, permiten recomendar el uso de una inyección de 500 mg de bST al momento del servicio, para mejorar la fertilidad en las vacas repetidoras (Hernández y Morales, 2001).

REFERENCIAS

1. Aréchiga FCF, Vázquez-Flores S, Ortiz O, Hernández-Cerón J, Porrás A, McDowell LR, Hansen PJ. Effect of injection of B-carotene or vitamin E and selenium on fertility of lactating dairy cows. *Theriogenology* 1998;50:65-76.
2. Aréchiga FCF. Efectos adversos del estrés calórico en la reproducción del ganado bovino. En Hernández Cerón J Editor. *Mejoramiento Animal: Reproducción*. México (DF). Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, 2000:135-150.
3. Ayalon N. A review of embryonic mortality in cattle. *J Reprod Fertil* 1978;54:483-493.
4. Bauman DE. Bovine somatotropina: Review of an emerging animal technology. *J Dairy Sci* 1992;75:3432-3451.
5. Butler WR. Nutritional interactions with reproductive performance in dairy cattle. *Anim Reprod Sci* 2000;60-61:449-457.
6. Butler WR. Review: effect of protein nutrition on ovarian and uterine physiology in dairy cattle. *J Dairy Sci* 1998;81:2533-2539.
7. Darwash AO, Lamming GE, Woolliams JA. Estimation of genetic variation in the interval from calving to postpartum ovulation of dairy cows. *J Dairy Sci* 1997a;80:1227-1234.
8. Darwash AO, Lamming GE, Woolliams JA. The phenotypic association between the interval to postpartum ovulation and traditional measures of fertility in dairy cattle. *J Anim Sci* 1997b;65:9-16.
9. Edwards, J.L., and P.J. Hansen, 1997. Differential responses of bovine oocytes and preimplantation embryos to heat shock. *Mol. Reprod. Dev.* 46: 138-145.
10. Hansen LB. Consequences of selection for milk yield from a geneticist's viewpoint. *J Dairy Sci* 2000;83:1145-1150.
11. Hansen, P.J., Drost, M., Rivera, R. M., Paula-Lopes, F.F., Al-Katanani, Y.M., Krininger III, C.E., and C.C. Chase, Jr., 2001. Adverse impact of the heat stress on embryo production: causes and strategies for mitigation. *Theriogenology*. 55: 91-103.
12. Hernández CJ, Morales RJS. Falla en la concepción en el ganado lechero: Evaluación de terapias hormonales. *Vet Méx* 2001;32:279-287.
13. Hernández CJ, Porrás AA, Benítez S. Eficiencia de la detección de estros y niveles de progesterona al momento de la inseminación de vacas Holstein. *Av en Inv Agropecuaria* 1994;3:12-17.

14. Hernández-Cerón J, Jousan F. D., Soto P, Hansen P.J. Timing of Inhibitory Actions of Gossypol on Cultured Bovine Embryos. *J Dairy Sci* 2005;88:922-928.
15. Hunter RHF. Fertility in cattle: basic reasons why late insemination must be avoided. *Anim Breed Abstr* 1985;53:83-87.
16. Jones HE, White IMS, Brothstone S. Genetic evaluation of Holstein Friesian sires for daughter condition score changes using a random regression model. *Anim Sci* 1999;68:467-475.
17. Kadzere, C.T., Murphy, M.R., Silanikove, N. and E. Maltz, 2002. Heat stress in lactating dairy cows: a review. *Livestock Productions Science*. 77: 59-91.
18. Lamming GE, Darwash AO. The use of milk progesterone profiles to characterize components of subfertility in milked dairy cows. *Anim Reprod Sci* 1998;52:175-190.
19. Lara V, Hernández CJ, Cruz O, Ortiz O, Gutiérrez CG. Inicio de la actividad ovárica posparto y características de la función lútea de vacas Holstein. *Memorias del XXVI Congreso Nacional de Buiatría 2002*. Acapulco, Gro. México. Asociación Mexicana de Médicos Veterinarios Especialistas en Bovinos.
20. Lopez H, Satter LD, Wiltbank MC. Relationship between level of milk production and estrous behavior of lactating dairy cows. *Animal Reproduction Science* 2004;81:209-223.
21. Lucy MC. Reproductive loss in high-producing dairy cattle: Where will it end? *J Dairy Sci* 2001;84:1277-1293.
22. Mann GE, Lamming GE. The influence of progesterone during early pregnancy in cattle. *Reprod Dom Anim* 1999;34:269-274.
23. Morales RS, Hernández CJ, Rodríguez TG, Peña FR. Comparación del porcentaje de concepción y la función lútea en vacas de primer servicio, vacas repetidoras y vaquillas Holstein. *Vet Méx* 2000;31:179-184.
24. Nockels Ch F. Antioxidants improve cattle immunity following. *Anim Feed Tech* 1996;62:59-68.
25. Opsomer G, Coryn M, Deluyker, H, de Kruif, A. An analysis of ovarian dysfunction in high yielding dairy cows after calving based on progesterone profiles. *Reprod. Domest Anim* 1998;33:193-204.
26. Ortiz O. Análisis de sobrevivencia y serología prospectiva en el estudio de abortos. *Memorias del Séptimo Curso Internacional de Reproducción Bovina*. 1997 mayo 19–22; México (DF): Academia de Investigación en Biología de la Reproducción AC, 1997:29-42.
27. Putney, D. J., M. Drost, and W. W. Thatcher, 1988. Embryonic development in superovulated dairy cattle exposed to elevated ambient temperature between days 1 to 7 post insemination. *Theriogenology* 30: 195-209.
28. Royal M, Mann GE, Flint APF. Strategies for reversing the trend towards subfertility in dairy cattle. *Vet J* 2000;160:53-60.
29. Salas G. Reinicio de la actividad ovárica posparto en vacas Holstein bajo sistemas de producción en pequeña escala. (tesis de maestría). Morelia Mich. México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 1998.
30. Sangsritavog S, Combs DK, Sartori R, Armentano LE, Wiltbank MC. High feed intake increases liver blood flow and metabolism of progesterone and estradiol-17 α in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 2002;85:2831-2842.

31. Thatcher WW, Wilcox CJ. Postpartum oestrus as an indicator of reproductive status in the dairy cow. *J Dairy Sci* 1973;56:608-610.
32. Trimberger GW. Breeding efficiency in dairy cattle from artificial insemination at various intervals before and after ovulation. *Nebraska Agric. Exp. Stn. Bull.*, 153:3 (1948).
33. Villa-Godoy A, Hughes TL, Emery RS, Chapin LT, Fogwell RL. Association between energy balance and luteal function in lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 1988;71:1063-1072.
34. Wolfenson, D., Z. Roth, and R. Meidan, 2000. Impaired reproduction in heat-stressed cattle: basic and applied aspects. *Anim. Reprod. Sci.* 60-61: 535-547.
35. Zarco QL, Hernández CJ. Momento de ovulación y efecto del intervalo entre el inicio del estro y la inseminación artificial sobre el porcentaje de concepción de vaquillas Holstein. *Vet Mex* 1996;27:279-283.

Fuente.

<http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/departamentos/rumiantes/bovinotecnia/BtRgZooG010.pdf>